

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-061675
(43)Date of publication of application : 07.03.1997

(51)Int.Cl. G02B 6/42
G02B 6/26

(21)Application number : 07-214511
(22)Date of filing : 23.08.1995

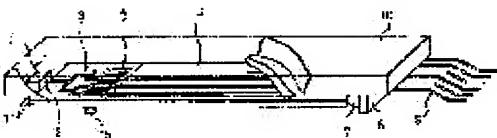
(71)Applicant : FUJITSU LTD
(72)Inventor : AOKI SHIGENORI
YOSHIMURA TETSUZO
YONEDA YASUHIRO

(54) OPTICAL INTERCONNECTION CABLE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make possible high-density wiring, speed up transmission, and easily position an element and a waveguide.

SOLUTION: The optical interconnection cable has a light source element 1, optical waveguides 3 and 6 for transmitting light from the light source element 1, and a photodetecting element 8 which receives the light transmitted by the optical waveguides 3 and 6 and outputs it as an electric signal in combination; and optical couplers 2 and 7 formed of refractive index distribution forming materials which are irradiated with light of a specific wavelength band and has a refractive index distribution corresponding to the intensity of the light are arranged at the connection parts where adjacent elements among the light source element 1, optical waveguides 3 and 6, and light receiving element 8 are optically coupled with each other.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-61675

(43)公開日 平成9年(1997)3月7日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/42
6/26

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/42
6/26

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平7-214511

(22)出願日

平成7年(1995)8月23日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 青木 重憲

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 吉村 徹三

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 米田 泰博

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

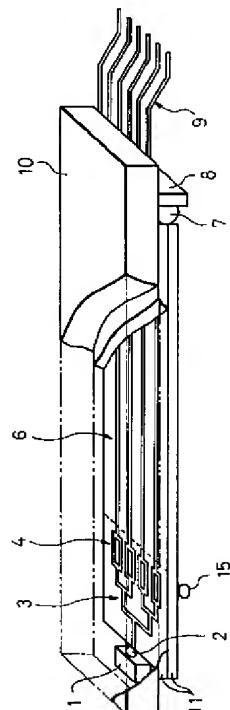
(74)代理人 弁理士 石田 敏 (外2名)

(54)【発明の名称】 光インタコネクションケーブル及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 光インタコネクションシステムにおいて、高密度の配線を可能にするとともに、伝送の高速化を可能としつつ素子と導波路との位置合わせを容易にすることを目的とする。

【解決手段】 光源素子と、該光源素子からの光を伝送するための光導波路と、該光導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する光インタコネクションケーブルであって、前記光源素子、光導波路及び受光素子のそれぞれの相隣れるもの同士を光結合する接続部に、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料からなる光結合器が配設されていることを特徴とする光インタコネクションケーブル。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源素子と、該光源素子からの光を伝送するための光導波路と、該光導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する光インタコネクションケーブルにおいて、前記光源素子、光導波路及び受光素子のそれぞれの相隣れるもの同士を光結合する接続部に、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料からなる光結合器が配設されていることを特徴とする光インタコネクションケーブル。

【請求項2】 前記光源素子が、少なくとも1個の共通光源と、該光源からの光を2もしくはそれ以上の光に分岐するための多分岐導波路と、該多分岐導波路からのそれぞれの光を電気信号で変調するための光変調器とを含む多分岐構造体である、請求項1に記載の光インタコネクションケーブル。

【請求項3】 前記多分岐導波路における光の分岐数が前記受光素子の配置数よりも少なくとも1以上大である、請求項2に記載の光インタコネクションケーブル。

【請求項4】 前記光源素子、光導波路及び受光素子が基板上にリニアに実装されている、請求項1～3のいずれか1項に記載の光インタコネクションケーブル。

【請求項5】 前記基板がフレキシブルなプラスチックフィルムである、請求項4に記載の光インタコネクションケーブル。

【請求項6】 光源素子と、該光源素子からの光を伝送するための光導波路と、該光導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する光インタコネクションケーブルを製造するに当たって、

前記光導波路の一方の端面と前記光源素子の端面及び前記光導波路の他方の端面と前記受光素子の端面をそれぞれ両者間に所定の間隔をあけて突き合わせて装着し、前記端面間に形成された間隙のそれぞれに、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料を供給し、そして前記屈折率分布形成性材料のそれぞれに対して、その材料に隣れる光導波路及び（又は）素子の少なくとも1つの端面から、前記特定波長帯の光を照射して、その光の強度に対応した屈折率分布を有する光結合器を形成すること、を含んでなることを特徴とする光インタコネクションケーブルの製造方法。

【請求項7】 少なくとも1個の共通光源と、該光源からの光を2もしくはそれ以上の光に分岐するための多分岐導波路と、該多分岐導波路からの光を電気信号で変調するための光変調器とを含む光源素子と、該光源素子からのそれぞれの光を伝送するための単純導波路と、該単純導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する多分岐光

インタコネクションケーブルを製造するに当たって、導波路形成層及び変調器形成層を同一もしくは異なる基板上に形成し、

前記導波路形成層及び前記変調器形成層を加工して前記多分岐導波路及び前記光変調器ならびに前記単純導波路を所定のパターンでリニアに形成し、但し、その際、前記多分岐導波路における光の分岐数は前記受光素子の配置数よりも少なくとも1以上大であるように調整し、前記単純導波路からの光の出射端に前記受光素子を、両者間に所定の間隔をあけて突き合わせて装着し、前記単純導波路の端面と前記光源素子の端面の間に形成された間隙のそれぞれに、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料を供給し、

前記屈折率分布形成性材料のそれぞれに対して、前記多分岐導波路の入射端から、前記特定波長帯の光を照射して、その光の強度に対応した屈折率分布を有する光結合器を一括して形成し、

前記多分岐導波路の光の入射端に前記共通光源を、両者間に所定の間隔をあけて突き合わせて装着し、

前記多分岐導波路の端面と前記共通光源の端面の間に形成された間隙に、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料を供給し、そして前記屈折率分布形成性材料に対して、前記多分岐導波路の出射端のうち前記受光素子に結合していない出射端から、前記特定波長帯の光を照射して、その光の強度に対応した屈折率分布を有する光結合器を形成すること、を含んでなることを特徴とする多分岐光インタコネクションケーブルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光信号と電気信号を同時に扱う情報通信機器に関し、さらに詳しく述べると、コンピュータ間、コンピュータ内のボード間あるいは他の機器及び（又は）素子間において信号の伝送を行うために用いられる光インタコネクションケーブルに関する。

【0002】

【従来の技術】 コンピュータ間、もしくはコンピュータ内のボード間などにおいて信号の伝送を行うため、インタコネクションケーブルが用いられている。従来、この目的に一般的に用いられているものは、ツイストペア線、同軸ケーブルなどの電気導線である。しかし、電気導体から構成されるかかる導線は、信号の伝送レートが高くなるにつれて、その使用に限界が現れている。これは、すなわち、用いられる電気導体に、例えば、帯域が狭いこと、伝送可能な距離が短いこと、クロストークが多いこと、ケーブル体積が大きいこと、その他のような性能限界があるからである。そこで近年、特に高速の伝

送レートが要求されている領域で、電気導体に代えて光を利用した光インタコネクションシステムを使用することが提案されている。

【0003】現在実用化されている光インタコネクションシステムは、一般に、例えばLD（レーザ・ダイオード）、LED（発光ダイオード）などの光源からの光をマルチモード光ファイバを介して伝送し、伝送された光をさらにPD（フォトダイオード）などの受光素子で受け入れ、電気信号として出力するように構成されている。このように構成することによって、従来同じ目的に使用されてきた電気導線の上記のような欠点を解消することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記したような光インタコネクションシステムにおいて、もしも高密度の配線が望ましい場合には、光源素子、光ファイバ及び受光素子の組み合わせを必要なチャンネル分だけ用意することによって対応することができる。しかし、このシステムを、スーパーコンピュータ内のボード間の接続など、より高い性能が要求される分野に適用するには、次のような課題を解決することが望ましい。

【0005】①高速化のため、マルチモードではなく、シングルモードでの伝送が可能であること。
②シングルモードでの伝送の場合、用いられる光ファイバもしくは光導波路のコア径がマルチモードのそれに比べて数分の1に小さくなるので、素子とファイバもしくは導波路との位置合わせが容易に可能であること。

③配線密度の向上が可能であること。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記した課題は、本発明に従うと、光源素子と、該光源素子からの光を伝送するための光導波路と、該光導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する光インタコネクションケーブルであって、前記光源素子、光導波路及び受光素子のそれぞれの相隣れるもの同士を光結合する接続部に、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料からなる光結合器が配設されていることを特徴とする光インタコネクションケーブルによって解決することができる。

【0007】また、本発明に従うと、光源素子と、該光源素子からの光を伝送するための光導波路と、該光導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する光インタコネクションケーブルを製造するに当たって、前記光導波路の一方の端面と前記光源素子の端面及び前記光導波路の他方の端面と前記受光素子の端面をそれぞれ両者間に所定の間隔をあけて突き合わせて配置し、前記端面間に形成された間隙のそれぞれに、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可

能な屈折率分布形成性材料を供給し、そして前記屈折率分布形成性材料のそれぞれに対して、その材料に隣れる光導波路及び（又は）素子の少なくとも1つの端面から、前記特定波長帯の光を照射して、その光の強度に対応した屈折率分布を有する光結合器を形成すること、を含んでなることを特徴とする光インタコネクションケーブルの製造方法も提供される。

【0008】さらにまた、本発明に従うと、少なくとも1個の共通光源と、該光源からの光を2もしくはそれ以上の光に分岐するための多分岐導波路と、該多分岐導波路からの光を電気信号で変調するための光変調器とを含む光源素子と、該光源素子からのそれぞれの光を伝送するための単純導波路と、該単純導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する多分岐光インタコネクションケーブルを製造するに当たって、導波路形成層及び変調器形成層を同一もしくは異なる基板上に形成し、前記導波路形成層及び前記変調器形成層を加工して前記多分岐導波路及び前記光変調器ならびに前記単純導波路を所定のパターンでリニアに形成し、但し、その際、前記多分岐導波路における光の分岐数は前記受光素子の配置数よりも少なくとも1以上大であるように調整し、前記単純導波路からの光の出射端に前記受光素子を、両者間に所定の間隔をあけて突き合わせて装着し、前記単純導波路の端面と前記光源素子の端面の間に形成された間隙のそれぞれに、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料を供給し、前記屈折率分布形成性材料のそれぞれに対して、前記多分岐導波路の入射端から、前記特定波長帯の光を照射して、その光の強度に対応した屈折率分布を有する光結合器を一括して形成し、前記多分岐導波路の光の入射端に前記共通光源を、両者間に所定の間隔をあけて突き合わせて装着し、前記多分岐導波路の端面と前記共通光源の端面の間に形成された間隙に、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料を供給し、そして前記屈折率分布形成性材料に対して、前記多分岐導波路の出射端のうち前記受光素子に結合していない出射端から、前記特定波長帯の光を照射して、その光の強度に対応した屈折率分布を有する光結合器を形成すること、を含んでなることを特徴とする多分岐光インタコネクションケーブルの製造方法も提供される。

【0009】本発明によると、電気信号で制御する光源と、光導波路と、受光素子との位置合わせを容易にすることは、光源と光導波路の結合部、光導波路と受光素子の結合部のそれぞれに、特定波長帯の光を照射することにより屈折率分布を生じる光結合器を適用して結合効率を上昇させることで、解決することができる。また、光結合器の適用は、光導波路の端面に光源、受光素子等の素子を固定した後、特定波長帯の光の照射を受けてその

光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料を供給し、その屈折率分布形成性材料に対して光導波路及び素子の少なくとも一方から特定波長帯の光を照射して、その光の強度に対応した屈折率分布を有する光結合器を形成することによって、達成することができる。なお、本発明において有利に用いることのできる屈折率分布形成性材料とそれを使用した光結合器の形成は、以下においてその好ましい例を参考する特開平7-77637号公報において「屈折率像形成材料」あるいは「屈折率分布形成材料」として開示されている。

【0010】さらにまた、配線密度を向上させることは、光インタコネクションケーブルを構成する各部品をプレーナ化（導波路化）することが有効である。このプレーナ化は、特に、フレキシブルなベースフィルムを基板として使用し、この基板上にポリマー導波路とポリマー変調器をリニアに形成し、そしてその両端のそれぞれに、上記したような光結合器を介して、受光素子及び光源素子を実装することによって、有利に具現することができる。さらに、ここで使用する光源素子を、少なくとも1個の共通光源と、この光源からの光を2もしくはそれ以上の光に分岐する光分岐部とで構成すると、部品点数が減るため、さらなる高密度化が可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明をその好ましい実施形態に関して詳細に説明する。しかし、本発明による光インタコネクションケーブルは、記載の形態以外の構成でも実施可能あることを理解されたい。本発明による光インタコネクションケーブルは、光源素子と、該光源素子からの光を伝送するための光導波路と、該光導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するための受光素子とを組み合わせて有する。ここで、光源素子は、好ましくは、それから発せられた光を電気信号で制御あるいは変調可能である。この光の変調は、常法に従って行うことができ、例えば、光源素子そのものに変調機能をもたせてもよく、さもなければ、好ましくは、光源素子からの光を分岐する途上において変調を行ってもよい。本発明の実施においては後者の場合が好ましく、したがって、以下の説明においては、特に、少なくとも1個の共通光源と、該光源からの光を2もしくはそれ以上の光に分岐するための多分岐導波路と、該多分岐導波路からのそれぞれの光を電気信号で変調するための光変調器とを含む多分岐構造体として構成された光源素子を参考して本発明を説明する。

【0012】光源素子に用いる光源は、好ましくは、共通の光源として用いられ、また、その種類は、本発明の実施において特に限定されるものではなく、この技術分野において一般的に用いられているものを包含する。適当な光源として、例えば、LD、LEDなどを挙げることができる。シングルモードでの伝送の観点から、L

Dを光源として使用することが推奨される。

【0013】共通光源からの光は、次いで、2もしくはそれ以上の光に分岐せしめられる。この光分岐には、この技術分野において慣用の多分岐導波路を有利に使用することができる。適当な多分岐導波路として、例えば、スターカプラなどを挙げることができる。ここで、多分岐導波路における光の分岐数も本発明において重要である。すなわち、上記した屈折率分布形成性材料から光結合器を形成する際にその加工を容易にすること、他の目的から、多分岐導波路における光の分岐数を受光素子の数（配置数）よりも少なくとも1以上大とすることが好ましい。このように多分岐導波路の分岐数を調整することによって、受光素子に光結合していない導波路ができるので、その導波路の端面を、光結合器の形成のための特定波長帯の光の入射部として利用することができる。

【0014】多分岐導波路及び以下に記載する単純導波路は、それぞれ、この技術分野において一般的に用いられている多分岐導波路及び単純導波路と同様なものであり、したがって、同様な手法に従って適当な基板上に実装することができる。基板として適当な材料は、硬質のものからフレキシブルなものまでの広範囲の材料を包含し、その典型例は、ガラス板、プラスチック板、例えばアクリル板、セラミックス板、例えばアルミナ板、金属板、例えばモリブデン板、あるいはプラスチックフィルム、例えばポリアミド、ポリエチレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリ塩化ビニル、ポリカーボネート、ポリプロピレンなどのフレキシブルなフィルムである。必要に応じて、他の基板材料を使用することももちろん可能である。また、導波路の形成に適当な材料は、その一例を示すと、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂などの樹脂系材料、石英ガラスなどのガラス材料、LiNbO₃などの強誘電体材料、その他である。

【0015】上記した多分岐導波路からのそれぞれの光を電気信号で変調するため、光変調器が配置される。光変調器には、この技術分野において慣用の光変調器を有利に使用することができる。適当な光変調器として、例えば、電気光学効果を利用した変調素子、すなわち、E/O素子、例えばE/Oスイッチなどを挙げることができる。E/O素子の形成に適当な材料は、その一例を示すと、アゾ色素、メロシアニン色素及びスチルベン色素のうちの少なくとも1種を含む樹脂導波路材料、LiNbO₃などの強誘電体材料、その他である。

【0016】上記した光源素子からの光を伝送するため、本発明では、光導波路が用いられる。この光導波路も、上記した光源素子の多分岐導波路と同様、この技術分野において慣用のものから構成することができる。この光導波路は、好ましくは、単純導波路である。光導波路で伝送された光を受け入れ、電気信号として出力するため、受光素子が配置される。受光素子は、常用の手

段、例えばPDアレイなどであることができる。

【0017】本発明による光インタコネクションケーブルは、上記したような光源素子、光導波路及び受光素子を組み合わせて有するとともに、それぞれの部品間を光結合する光結合器を有する。本発明において光結合に使用する光結合器は、先にも記載したように、特定波長帯の光の照射を受けてその光の強度に対応した屈折率分布を生じることが可能な屈折率分布形成性材料から形成されたものである。光結合器の形成に適当な屈折率分布形成性材料は、例えば、先に引用した特開平7-77637号公報に記載のもの、例えば、エポキシ基を有する脂環式化合物又は鎖式化合物と、芳香族環又はハロゲンを含有するエチレン系不飽和化合物と、多官能性アクリレート又はメタクリレートと、光重合開始剤とを含む組成物、有機変性シリコーンと、芳香族環又はハロゲンを含有するエチレン系不飽和化合物と、多官能性アクリレート又はメタクリレートと、光重合開始剤とを含む組成物、末端に水酸基を有するアクリレート又はメタクリレートをその構造単位中に含む熱硬化性共重合体と、芳香族環又はハロゲンを含有するエチレン系不飽和化合物と、多官能性アクリレート又はメタクリレートと、光重合開始剤とを含む組成物、その他を包含する。

【0018】これらの組成物において、その1成分として用いられるエポキシ基を有する脂環式化合物又は鎖式化合物は、例えば、3,4-エポキシシクロヘキシルメチル-3,4-エポキシシクロヘキサンカルボキシレート等である。また、芳香族環又はハロゲンを含有するエチレン系不飽和化合物は、アリカルバゾール、メタクリロイルオキシエチルカルバゾール、アクリロイルエチルオキシカルバゾール、ビニルカルバゾール、ビニルナフタレン、ナフチルアクリレート、トリプロモフェニルアクリレート、ジブロモフェニルアクリレート、フェノキシエチルアクリレート等である。また、有機変性シリコーンは、例えば、アクリル変性シリコーン、メタクリル変性シリコーン、エポキシ変性シリコーン等である。さらに、末端に水酸基を有するアクリレート又はメタクリレートをその構造単位中に含む熱硬化性共重合体は、例えば、クロロトリフロロエチレン、ビニルトリメチルアセテート、そして末端に水酸基を有するアクリレート又はメタクリレートをその構造単位中に含む物質からなる共重合体等である。さらにまた、多官能性アクリレート又はメタクリレートは、例えば、トリメチロールプロパン、トリアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート等である。そして、上記のような成分の光重合のために用いられる光重合開始剤は、例えば、2,4,6-トリメチルベンゾイルジフェニルホスフィンオキシド、ベンジル、ベンゾインイソプロピルエーテル等である。

【0019】屈折率分布形成性材料は、通常、液体の状態で用いられ、また、その供給は、いろいろな手段を用

いて行うことができる。しかし、光結合器の形成に当たっては、かかる材料を少量でしかも正確に供給しなければならないので、滴下ピペットなどの滴下手段を有利に使用することができる。なお、この屈折率分布形成性材料が供給されるべき部品間の間隙は、使用する材料の特質、その他のファクタに応じていろいろな大きさとすることができるというものの、一般的には、約0.1mmもしくはそれ以上であるのが有利である。この間隙が狭すぎると、材料の供給を確実かつ正確に行うことができず、また、反対に間隙が大きすぎると、満足し得る光結合器を提供することができない。屈折率分布形成性材料の供給後、それを光結合器に変換することは、それに隣れる部品から特定波長帯の光を照射して有利に行うことができる。しかし、使用する材料によっては、光の照射に代えて加熱等の処理を行ってもよい。

【0020】本発明による光インタコネクションケーブルは、この技術分野において一般的に用いられている手法を任意に使用して製造することができる。しかし、好ましくは、次のような手順で製造することができる。光導波路の端面にその導波路と光結合しようとしている素子を固定した後、特定波長帯の光の強度により屈折率分布を生じる屈折率分布形成性材料を光導波路と素子の間の間隙に供給し、光導波路・素子の少なくとも一方から屈折率分布形成性材料に特定波長帯の光を照射して硬化せしめかつ、同時に、屈折率の分布を生じせしめ、光結合器を作成する。

【0021】また、多分岐光インタコネクションケーブルを製造する場合には、好ましくは、次の工程に従うことができる。

- ①基板上に導波路形成層及び変調器形成層を形成する工程、
- ②多分岐導波路、変調器及び単純導波路をリニアに形成し、但し、導波路の分岐数は、受光素子（フォトディテクタ等）の数よりも1つ以上多くする工程、
- ③基板上に形成された単純導波路からの光の出射端に受光素子を装着する工程、
- ④単純導波路と受光素子の間の間隙に屈折率分布形成材料を滴下し、多分岐導波路の入射端から特定波長帯の光を入射して光結合器を一括で作製する工程、
- ⑤基板上に形成された多分岐導波路の入射端に共通光源を装着する工程、
- ⑥多分岐導波路と共通光源の間の間隙に屈折率分布形成材料を滴下し、多分岐導波路の出射端のうち受光素子に結合していない出射端（入射端）から特定波長帯の光を入射して光結合器を作製する工程、及び
- ⑦電気I/O用端子を形成する工程。

【0022】なお、容易に理解されるように、これらの光インタコネクションケーブルは、必要に応じて、上記した記載以外の順序でも製造可能である。

【0023】

【実施例】以下、添付の図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。図1は、本発明による光インタコネクションケーブルの好ましい1態様を示す原理構成図である。図示のインタコネクションケーブルは、フレキシブルなプラスチックフィルム（ここではPETフィルム）からなる基板10を有している。多分岐導波路3（ここではスターカプラ）及び光変調器4（ここではポリマー変調器としてのE/Oスイッチ）ならびに単純導波路6（ここではポリマー導波路）6は、図示されるようにリニアに形成されていて、その両端に、それぞれ光結合器2及び7を介して、共通光源1（ここではLD）及び受光素子8（ここではPDアレイ）を実装している。光変調器4には、信号入力端子15（ここではフリップチップ）から変調用信号を入力可能である。バッファ層11は、それぞれ、ポリイミドから形成されている。受光素子8は、それに接続された信号出力リード9を有している。なお、本発明では、光源1、多分岐導波路3及び光変調器4をまとめて、光源素子と呼ぶ場合もある。

【0024】この構成では、光接続部はすべてコネクタ上にあり、外部との入出力は電気信号のみとなる。したがって、コネクタを基板などに実装する際に、従来煩雑とされていた光軸合わせが不要となる。また、コネクタ内部の光接続部には、屈折率分布形成性材料を使用した光結合器を適用しているので、位置合わせが容易かつ正確に可能となる。

【0025】さらに、このようにプレーナ型の光導波路を用い、また、光源を共通化しているので、従来の多心ファイバ系のコネクションシステムに比較して、極めて高密度の配線が可能となる。例えば、 $50\mu\text{m}$ ピッチ程度でのマルチチャンネル化が比較的容易に実現できる。

【0026】例1

本例では、図2に示す光インタコネクションケーブル（2チャンネル導波路）の製造を図3～図5を参照して説明する。図3には光変調器板の製造プロセスが、図4には導波路板の製造プロセスが、そして図5には光結合プロセスが、それぞれ順を追って示されている。

【0027】光変調器板の製造

先ず、マッハツェンダタイプであって、変調部分の長さが 60mm 及び厚さが $3\mu\text{m}$ の光変調器板を製造した。この光変調器板において、変調部分の直前に光源からの光を2分岐するスプリッタ部分を設け、また、導波路の間隔は 0.05mm であった。図3の工程A1に示されるように、長さ 100mm ×幅 30mm ×厚さ 1mm のソーダガラス板を基板20として用意した。次いで、工程A2に

示されるように、クロムのスパッタリングにより膜厚 $0.2\mu\text{m}$ の下部電極21を形成した。その後、工程A3に示されるように、ポリイミド樹脂をスピンドルコートして膜厚 $3\mu\text{m}$ の下部クラッド層22を形成した。引き続いて、工程A4に示されるように、導電性コア23を膜厚 $3\mu\text{m}$ で形成した。導電性コアの形成のため、アゾ色素を側鎖分子に有するポリイミド樹脂をスピンドルコートし、さらにエッチング（RIE）した。次いで、工程A3と同様な手法で膜厚 $3\mu\text{m}$ の上部クラッド層24を形成した（工程A5を参照）。上部クラッド層の形成後、工程A6に示されるように、クロムのスパッタリングと、引き続く選択的エッチングにより膜厚 $0.2\mu\text{m}$ の上部電極25を形成した。最後に、それぞれの導波路の端面出しをエキシマレーザによって行い、目的とする光変調器板を得た。

【0028】導波路板の製造

光変調器板の製造と同様にして、図4に順を追って示すような手法で導波路板を製造した。なお、本図では、図3との対応関係を明確にするため、工程B2及びB6が欠番となっている。

【0029】先ず、図4の工程B1に示されるように、長さ 100mm ×幅 30mm ×厚さ 1mm のソーダガラス板を基板30として用意した。次いで、工程B3に示されるように、ポリイミド樹脂をスピンドルコートして膜厚 $3\mu\text{m}$ の下部クラッド層32を形成した。引き続いて、工程B4に示されるように、幅 $10\mu\text{m}$ 、厚さ $8\mu\text{m}$ 及び線間 1mm の2本の平行なチャンネル導波路33を形成した。チャンネル導波路の形成のため、フッ素化ポリイミド樹脂をスピンドルコートし、さらにエッチング（RIE）した。次いで、工程B3と同様な手法で膜厚 $3\mu\text{m}$ の上部クラッド層34を形成した（工程B5を参照）。上部クラッド層の形成後、それぞれの導波路の端面出しをエキシマレーザによって行い、目的とする導波路板を得た。

【0030】光結合プロセス

次いで、得られた光変調器板及び導波路板を使用して、図5に示すようにして光インタコネクションケーブルを製造した。

工程C1：基板（図示せず、図1の基板10に対応）として長さ 250mm 、幅 30mm 及び厚さ 3mm のガラス板を用意し、その上に先に製造した光変調器板及び導波路板を、それぞれの対応する導波路同士がつながるようにして、装着した。導波路の端面間の間隙は、 $100\mu\text{m}$ であった。この間隙に、次のような組成を有する屈折率分布形成性材料：

| | |
|---|-------|
| 脂環式エポキシ樹脂（E HPE-3150、 ダイセル・ユーシービー社製） | 50重量% |
| アリルカルバゾール（日本蒸留工業社製） | 45重量% |
| ビイミダゾール（B1225、東京化成工業社製） | 5重量% |

を充填した。そして、光変調器4の入射端から図中矢印で示されるようにアルゴンレーザ光を入射して樹脂部に導波路を形成し、さらに、紫外線の照射により樹脂を硬化させた。光結合器5が形成された。

【0031】工程C2：導波路6の出力端のうちの一方に感度0.1mWのMSMタイプのフォトデテクタ8を装着した。導波路の端面とフォトデテクタの間隙は100μmとした。この間隙に、上記したものと同じ組成の屈折率分布形成性材料を充填し、光変調器4の入射端から図中矢印で示されるようにアルゴンレーザ光を入射して樹脂部に導波路を形成し、さらに、紫外線の照射により樹脂を硬化させた。光結合器7が形成された。

【0032】工程C3：光変調器4の入力端に出力40mW及び発振波長1.3μmのペアチップのレーザ・ダイオード1を装着した。接着剤を用いて基板に固定し、電極はワイヤボンディングで形成した。導波路の端面とレーザ・ダイオードの間隙は100μmとした。この間隙に、上記したものと同じ組成の屈折率分布形成性材料を充填し、導波路6の空いている出射端から図中矢印で示されるようにアルゴンレーザ光を入射して樹脂部に導波路を形成し、さらに、紫外線の照射により樹脂を硬化させた。光結合器2が形成された。

【0033】評価試験

製造された光インタコネクションケーブルの特性を評価するため、レーザ・ダイオードを発振させ、光変調器を駆動してフォトダイオードへの入射強度を測定した。変調器の駆動電圧は、DC100ボルトとした。その結果、フォトダイオードの入射光強度は0.2mWで、伝送路の損失は20dBと評価された。また、変調器は100Mbpsで動作することが確認できた。

【0034】例2

前記例1に記載の手法を繰り返した。しかし、本例では、基板10として、ガラス板に代えて長さ250mm、幅30mm及び厚さ3mmのマイラー（登録商標、イー・アイ・デュポン社製）を使用した。得られた光インタコネクションケーブルは、伝送路の損失が23dBまで増加したけれども、1000Mbpsで動作することが確認

された。

【0035】以上の実施例においては、特に2チャンネル導波路を有する光インタコネクションケーブルに関して説明したけれども、本発明では、チャンネル数がさらに増加しても遜色のない満足な結果を得ることができる。

【0036】

【発明の効果】本発明によれば、高密度配線を有する光インタコネクションケーブルを容易な位置合わせで安価に提供することができる。本発明は、したがって、情報通信機器の小型化及び高性能化に対して大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光インタコネクションケーブルの好ましい1態様を示す原理構成図である。

【図2】本発明の光インタコネクションケーブルの一実施例の構成を示す平面図である。

【図3】図2に示した光インタコネクションケーブルの光変調器板の製造を順を追って示す断面図である。

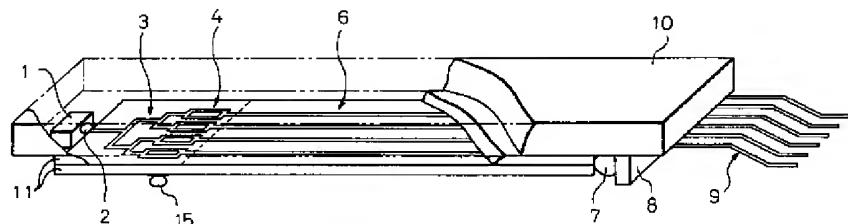
【図4】図2に示した光インタコネクションケーブルの導波路板の製造を順を追って示す断面図である。

【図5】図3の光変調器板及び図4の導波路板を共通基板に張り付けて図2の光インタコネクションケーブルを完成する光結合プロセスを順を追って示した平面図である。

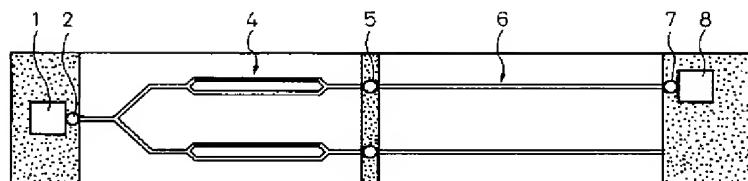
【符号の説明】

- 1…光源
- 2…光結合器
- 3…多分岐導波路
- 4…光変調器
- 5…光結合器
- 6…光導波路
- 7…光結合器
- 8…受光素子
- 9…信号出力リード
- 10…基板
- 11…バッファ層

【図1】



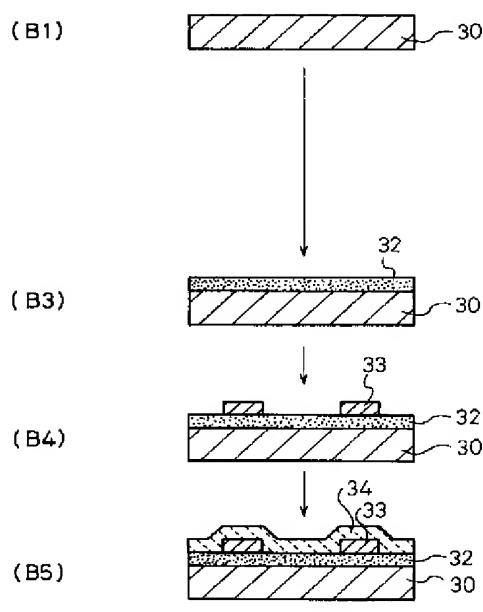
【図2】



(A1)

(A2)

【図4】



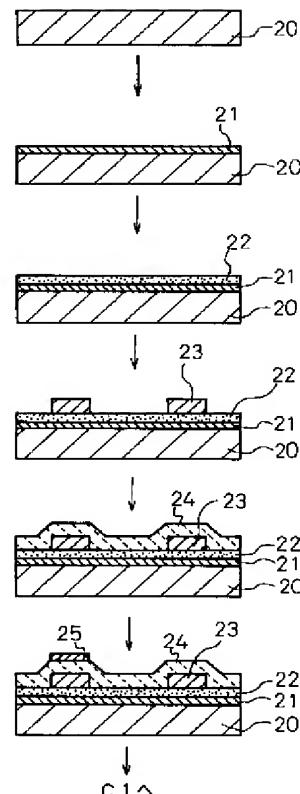
(A3)

(A4)

(A5)

(A6)

【図3】



【図5】

